

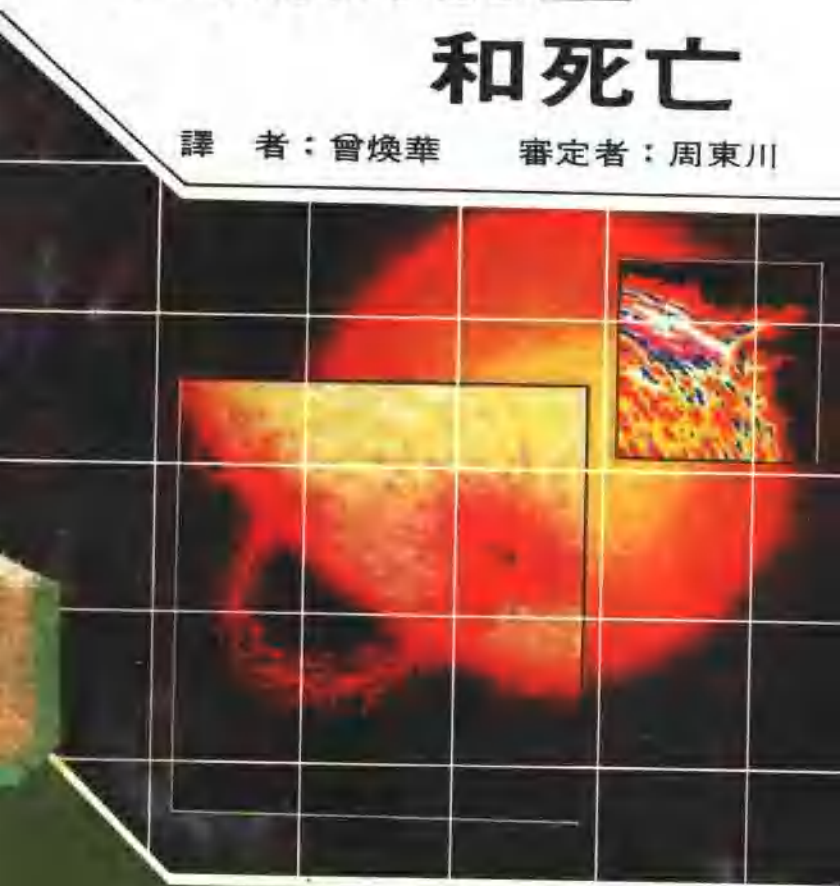
新世紀叢書

解開宇宙進化論之謎

太陽的誕生 和死亡

譯者：曾煥華

審定者：周東川



銀禾文化事業有限公司



078
新世紀叢書

太陽的誕生 和死亡

銀禾文化事業公司印行



078
新世紀叢書

太陽的誕生 和死亡

主 編：新世紀編輯小組
審定者：周東川
譯 者：曾煥華
出版者：銀禾文化事業有限公司
發行人：陳俊安
地 址：台北市和平東路2段96巷
3-1號
電 話：7335575・7335576
郵 撥：0736622-3
定 價：新台幣 80 元
新聞局登記證局版台業字第3292號
1987年3月初版
■版權所有・不准翻印■

序言——卡莫夫以後關於 太陽的研究

據說，宇宙正在繼續膨脹中。在一百幾十億年前，這個宇宙發生了大爆炸。在那次爆炸以後，從一直膨脹的宇宙物質之中誕生了銀河系或構成它們的星星等。認為宇宙的進化起源於此次大爆炸的所謂「大爆炸宇宙論」，是喬治·卡莫夫（Gamov, George）最初想出的概念。這位出生於蘇聯的美國人，是透過各方面的研究對現代物理學的進步有了許多貢獻的優秀物理學家。物質的放射性崩潰有一種叫做 α 崩潰的，對此給予正確的理論性解釋的就是卡莫夫，而解明了太陽等星的能源或其進化的機構之重點的也是他。

又，卡莫夫寫了許多淺易而富於啓蒙性的書。他所著作的每一本書都極好，許多讀了那些書之中的幾本的年青人，可能因而立志研究宇宙或生命。我也是其中之一。

只要經過他的手，則看起來非常難解的物理現象，也會像變魔術一樣的能讓我們理解。充滿了這不可思議之魅力的卡莫夫所描寫的夢。在上述的大爆炸宇宙論或

在對於維持生命所需的氨基酸等的研究實現了。

我擁有他的大部分著作（包括專門書在內）的原本或翻譯本，而無論那一本都充滿了現在雖然令我想從頭到尾讀完的魅力。對於專門書以外，我喜歡其中之本書「宇宙的創造」(The Creation of the Universe)、「物理學、激動的三〇年」(Thirty years that Shook Physics)、「太陽這顆星」(A Star Called the Sun)。這些書都有翻譯本而現在也容易買到，故請讀這本書的人也購買。此外也有成為未完成之自傳的「我的世界線」(My World Line)，這是想了解他的人不可缺少的書。這本也有日譯本。

如此在科學的尖端性研究及啓蒙的兩方面留下偉大足跡的卡莫夫，在一九六八年八月去世。雖然許多朋友或門生爲了慶祝他的六十五歲生日而訂了許多計劃，但他却沒有福氣目睹這些。他們爲了懷念卡莫夫而編了一本書「宇宙論、核融合及其他——喬治·卡莫夫追悼版」(Cosmology, Fusion and Other Matters)，其內容涵蓋了他在研究上的貢獻之幾乎大部分。這本書也有日譯本。

可惜的是，在他留下的許多啓蒙書的內容，有很多已經過時。因爲他已經去世多年，這是當然難免的事。在這個期間，自然的探討有了飛躍的進步，我們住在甚

至被稱為第二科學革命的時代。我經常重讀的「宇宙的創造」或「太陽這顆星」這二本書，令人覺得內容陳舊的地方當然增加了。

關於宇宙論，現在有許多淺易的入門書，故不怎麼覺得需要有代替「宇宙的創造」的書。但是，談與「太陽這顆星」這本書所處理的太陽或星有關之話題的書似乎不多。因此，雖然完全沒有妄想與卡莫夫競爭，卻想用他就太陽最初寫的書「太陽的誕生及死亡」(The Birth and Death of the Sun) 為題名，開始以太陽的一生為中心話題來談。

由於顯示剛才所舉那本書的內容過於陳舊且其內容有幾個重大錯誤，故迫使卡莫夫執筆了關於太陽的第二本書「太陽這顆星」。因此，在此當然是以站在超出執筆了這二本書「太陽的誕生及死亡」及「太陽這顆星」那個時代研究太陽之情況的立場，談太陽的一生及與此有關的話題為本書之目的。

在這二本書之中，現在發現第一本有許多錯誤。例如，太陽進化的過程、誕生的歷史、能源等，現在所知的與卡莫夫時代的完全不同。就第二本來說，關於太陽誕生的經過、質子以及質子連鎖反應的細節、一生的結束等，還沒有正確的描寫。這些事實告訴我們，在閱讀了從前關於科學的書籍之後，有時難免引起嚴重的誤解

。我想考慮此種問題，有時也要提到究竟與卡莫夫的時代有什麼不同。

可惜我並沒有卡莫夫那種卓越的才能。故很擔心到底能淺易、巧妙地談「太陽的誕生及死亡」至什麼程度，但也只好試試看了。

現在已經知道，太陽爲存在於此廣大宇宙的衆多星星之一。我決定先把此點放在心頭，首先談星星的世界，解明太陽在宇宙的地位，然後研究太陽是什麼樣的天體。

目 錄

序言——卡莫夫以後關於太陽的研究	I
第一章 裝飾夜空的星星與太陽	1
第二章 太陽的光	25
第三章 太陽的能源	43
第四章 太陽的進化	59
第五章 太陽的誕生	75
第六章 追溯太陽的過去	95
結語——太陽的一生與地球	111
附錄 I 與太陽之研究有關的幾個話題	115
附錄 II 能量及距離的表示法	139
後 言	141

第一章 裝飾夜空的星星與太陽

本章前言

當夕陽沉下西空後不久，開始看見星星。現在已經知道，這些星星是與太陽一樣的天體。太陽與其他星星不同，極端的明亮，不是點且有大小；這是因為這個天體距離地球一億五千萬公里，比其他天體較接近我們。相對的，即使與我們最接近的星，若用光速走也要大約四年才能到達。光每秒鐘的速度為三〇萬公里，若乘以一年的秒數即得光在一年內走的距離。這個距離叫做一光年，相當於約 10^{13} 公里。

如果太陽在幾光年前方，則它必定會跟其他星星一樣變成天空上光輝的一點而已！但是，太陽對我們來說是非常寶貴的存在。因為，在地球上創造使包括我們在內諸生命得以生存的環境的，就是太陽。如果沒有太陽，地球必然變成冷凍的極寒世界，根本不可能有生命存在。事實上，太陽一直注視著地球上生命進化的整個歷史。

但是，即使太陽對我們來說是很重要的天體，若想

把此天體在宇宙內正當的定位，則必須把太陽與其他星星放在同等的地位比較。如此才能解明「身為星的太陽」到底是什麼東西，藉此打開研究太陽的途徑。

明亮的星星與其顏色

漸沈西空的太陽看起來是朱紅色，但有時會因雲的關係而變成接近於真紅的顏色。從中午的天空所呈太陽的顏色，立即可以判斷這「紅」色並不表示太陽真正的顏色。事實上，白天的太陽是呈黃白色。如果只稍望一下太陽，大概不會傷到眼睛，但長時間看太陽是很危險的事。事實上，這黃白色接近於太陽真正的顏色。

在冬天的夜空格外亮的星，是大犬座的天狼星（Sirius）。這顆星是天空上最亮的天體，自古就引起大家的注意。這點從埃及或中國的古代資料立即可知。看了這顆星之後會發覺，它的顏色與太陽不同而蒼白。在這顆星的稍微斜左上方亦即西北方，有獵戶座（圖1）。

在此星座著名的星，是向左上方斜排的三顆星。有四顆星依長方形配置包圍它們似的。左上的星略帶紅色，右上及右下的星則與天狼星相似的蒼白。如果用小望遠鏡觀測，則在剛才那三顆星的下方亦即南方有朦朧似亮的地方。這就是著名的獵戶星雲。大家一定會發覺，在這星雲附近密集星星，且呈各種顏色。亮成紫、青、



圖 1 獵戶座及其周邊的星星

綠、白、橙黃、紅等各色的小星，呈宛如窺視萬花筒裡面時所看見的光景。

在獵戶座的西方有金牛座，在這裡有紅色的星——畢大星（Aldebaran）。若往其稍微西方看，則有星星形成集團的Pleiades星團。在這裡的星星都是呈蒼白的亮光。

星星是如此的呈各種顏色的。我們所知的彩虹的七色，在星星光輝的顏色中出現。這些顏色與外表上的亮度，看起來沒有什麼關係，事實上，這個亮度跟星星與我們之間的距離有關係。

如衆所知，假定有蠟燭的火之類光源，則此火的亮度跟蠟燭與我們之距離的平方成反比例。若距離變成二倍，則亮度減少為四分之一。此事也適用於來自星的光之強度（亮度），即使是放射同樣強度的光，在愈遠方的其亮度與其距離的平方成反比例而愈小。因此，不能根據在夜空所見星的亮度立即求出星真正的亮度——星放射的光之強度。

因此，若想知道星真正的亮度，則必須知道地球與此星的距離。但由於地球與星的距離很大，故很難測定這個距離。因此，能從地球實際直接測出距離的星不多，但現在已經知道星的顏色與亮度之間有一定的關係，故即使不能直接測定至星的距離，大部分都能相當精確地估計。

來自星的光及其特性

瓦斯燃燒器的火炎發出青白色的光。就讀初中或高中時；在理化教室做化學實驗時曾經使用過瓦斯燃燒器的人可能不少。在我讀初中時；也有這一種使用瓦斯燃燒器的實驗。在光的實驗時；若用光譜分光計依波長別分類瓦斯燃燒器之火炎的光，即會產生七色的光帶。牛頓把這個帶的名為光譜。簡單的來說，若透過三角稜鏡觀察這個光，即會產生此種光帶。這等於老師做了調查光的波長與光色之關係的實驗。

此時若把食鹽稍微用水弄濕後，沾上的玻璃棒放入瓦斯燃燒器的火炎內，則雖是短期間卻在橙黃色的地方清楚的看見二條黑線。這個實驗的主要目的在於，考慮為什麼出現這種黑線。那時候的理化老師姓久保田，是一位年青人。

實驗的結果，瓦斯燃燒器所發出的光雖然產生七色的光譜，但放入食鹽後出現二條黑線。無論家庭用瓦斯的光或白熱燈泡的光，若用稜鏡照即會分成從紅色至紫色的七色光帶。這種光帶叫做「連續光譜」。相對的，剛才看到的二條黑線叫做「線光譜」，事實上是製造食鹽的元素鈉吸收瓦斯燃燒器的火炎發出的光之一部分後

造成的。由於元素鈉吸收一定波長的光，結果在連續譜上出現此種黑線（叫做暗線）。因此，這個線光譜也叫做吸收光譜。

不過，最近有許多路燈是亮成橙黃色的鈉蒸氣燈。若透過稜鏡把此燈的光映在牆壁上，則不會產生連續光譜，故知只有某特定部分亮成橙黃色。若用光譜分光計檢查此光的波長即知，與上述之吸收線譜所呈黑線同一波長的地方亮。這種光叫做「明線光譜」。

這表示，像瓦斯燃燒器被加熱為高溫的鈉會放射波長一定的明亮的光，相對的；放在瓦斯燃燒器的火炎內冷的鈉，則連續光譜的光有一部分在特定波長的地方被鈉吸收，結果放射暗的光。如此，若某元素在高溫下處於氣體狀態時，自行放射光而造成明線光譜；相反的在低溫下，則吸收同一波長的光而造成暗線光譜。

但是，不論元素在任何不同的情況下，此波長都保持一定的值，故只要詳細檢查明線或暗線的光譜即知，例如太陽是由什麼元素組成的，以及這些成分的比例如何。如此調查星光的性質研究星的大氣狀態或元素組成等的學問，叫做天體分光學。

從太陽到達的光，是由暗線的光譜亦即許多吸收線重合於連續光譜的組成。這表示，像瓦斯燃燒器的火炎以連續光譜的光為背景的冷氣體存在，它吸收連續光譜

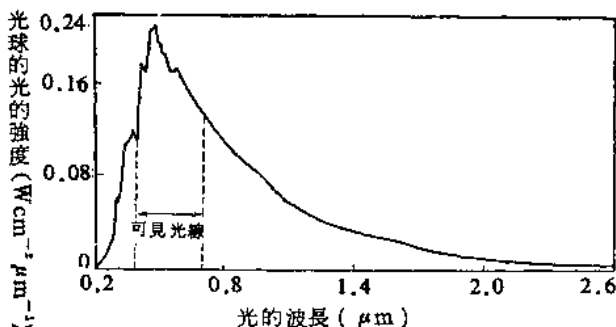


圖 2 太陽光強度對於波長的分布
(太陽光的光譜)

的光的一部分後造成暗線光譜。

就太陽光的連續光譜觀測，調查光的強度與波長之關係的結果，如圖 2 所示。由此圖可以知道，光的強度在某特定波長的地方最大，在其前後急速的減弱。而在此尖峰及其周邊狹窄波長領域的光，就是我們眼睛看見的所謂可見光。與此圖所示曲線很像的曲線圖，在把物體加熱所放射之光的波長分布。已知此波長分布是隨被加熱之物體的溫度而定，故叫做熱輻射或溫度輻射。若就太陽為例依理論求出像圖 2 所示曲線之光的強度的波長分布即知，太陽的光球溫度必須為約六千 $^{\circ}\text{K}$ (Kelvin)——正確的說是五七八〇 $^{\circ}\text{K}$ 。

所謂太陽的光球，是指透過用蠟燭的火炎燻的玻璃觀察時呈圓狀的亮的圓板。又，K 這個溫度單位，是在

8 太陽的誕生和死亡

我們使用的攝氏溫度單位加約二七三的，故攝氏三〇度等於三〇三度K。

圖2所示關於太陽光之連續光譜的光的強度之波長分布曲線，告訴我們太陽是被加熱為約六千度K而光亮的天體。我們知道，被加熱至此溫度而明亮的天體，可視光的部分最亮。就太陽來說，在可見光之中黃色波長附近的光最亮，以致浮在中空的太陽看起來略帶黃色。

從此現象可以推察一件事，星或許能藉其顏色估計

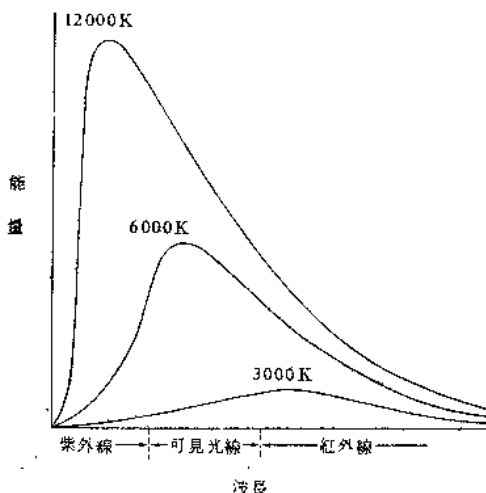


圖3 星的大氣溫度與光之強度的波長分布

其溫度。就幾種不同溫度求出熱輻射之光的強度的波長分布之結果，如圖 3 所示。由此圖可知，星的大氣溫度增加時，曲線尖峰的位置隨之移到短波長的一邊。若注意可見光的地方即知，若溫度比太陽高則在紫色的一邊變的較亮。由此可以推測，在比太陽高溫的星，青或紫色的一邊必定較明亮。

相反的，在比太陽低溫的星，紅色一邊的光較強，故可以預料它亮的略帶紅色。事實上，星的顏色會如此告訴我們這個星的光球如何，亦即表面的溫度多大。

若觀察太陽光的光譜，即發現在連續光譜上面有許多暗線。此種暗線是由德國的富勞恩荷法（Fraunhofer, Joseph von）最早有系統的調查的，現在稱它為富勞恩荷法線。又，他在此暗線所附的記號，現在也都被引用。例如，在鈉的光所呈的二條線，現在仍然被稱為鈉 D 線（ D_1 、 D_2 ）。

如前所述，我們已經知道在星光的光譜與表面溫度之間有某種密切關係。因此，有人試行利用此種關係把星分類為各種類型。此種類型叫做「光譜型」。現在使用英文字母，從溫度高的按照 O、B、A、F、G、K、M、R、N、S 的順序分類光譜型。代表性的光譜型如圖 4 所示。由此圖知道，在表面溫度高的星，很少見吸收光譜。茲將光譜的主要特徵、星的光譜型與表面溫度的關係